

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) **EP 1 314 858 A2**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
28.05.2003 Patentblatt 2003/22

(51) Int Cl.7: **F01D 21/04, F01D 25/16**

(21) Anmeldenummer: **02024038.8**

(22) Anmeldetag: **28.10.2002**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK RO SI**

(72) Erfinder:  
• **Diepolder, Wolfgang, Dr.**  
**85356 Freising (DE)**  
• **Wöhrle, Bernhard, Dr.**  
**82131 Gauting (DE)**

(30) Priorität: **23.11.2001 DE 10157576**

(74) Vertreter: **Zacharias, Frank L.**  
**DaimlerChrysler AG**  
**Intellectual Property Management,**  
**IPM-C106**  
**70546 Stuttgart (DE)**

(71) Anmelder: **MTU Aero Engines GmbH**  
**80995 München (DE)**

### (54) Rotorlagerung mit einer Sollbruchstelle für Turbomaschinen

(57) Die Erfindung betrifft eine Drehlagerung (10) mit einer Sollbruchstelle (14), insbesondere für einen Rotor (16) einer Strömungsmaschine, welche ein zwischen einem nicht-rotierenden Lagerträger (26) und einem rotierenden Lagerträger (24) angeordnetes Drehlager (12) aufweist. Der nicht-rotierenden Lagerträger (26) ist geteilt und weist zwei senkrecht zur Rotationsachse (22) des Drehlagers (12) angeordnete Trennflächen (28 a, 28 b) auf. In mehreren über den Umfang des Lagerträgers (26) gleichmäßig verteilten und in den Trennflächen (28 a, 28 b) paarweise axial gegenüber-

stehenden Führungsflächen (34a, 34b) sind Führungskörper (36) eingebracht. Über mehrere über den Umfang des Lagerträgers (24) gleichmäßig verteilte axial-orientierte Spannschrauben (32) mit vorbestimmter Zugfestigkeit sind beide Trennflächen (28 a, 28 b) spielfrei in Anlage gehalten. Eine an dem Lagerträger (26) angreifende Lagerkraft (44) erfährt durch das Zusammenwirken von Führungsflächen und Führungskörper (36) eine Umlenkung in eine axiale Zugkraft (48), so dass bei Überschreiten einer definierten maximalen Zugkraft in den Spannschrauben (32) diese brechen.

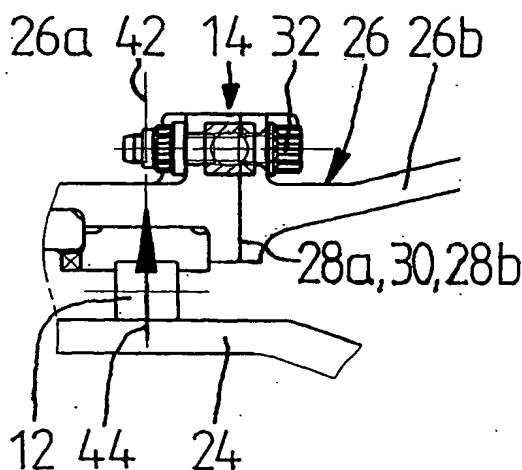


Fig.2

EP 1 314 858 A2

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Drehlagerung mit einer Sollbruchstelle, insbesondere für einen Rotor einer Strömungsmaschine.

[0002] Bekanntlich weist der Rotor einer Strömungsmaschine, beispielsweise der Rotor eines Strahltriebwerks eines Flugzeuges, als Drehlagerung im allgemeinen mindestens ein Festlager und ein Loslager auf. Diese Lager stützen den umlaufenden Rotor gegenüber dem stillstehenden Teil, z. B. dem Gehäuse, in radialer und axialer Richtung ab und leiten dabei die auf die Drehlagerung wirkenden Lagerkräfte über sogenannte Lagerträger in das Gehäuse ein.

[0003] Nachteilig dabei ist, dass auch unvorhergesehene, hohe auf die Drehlagerung wirkende Lagerbeanspruchungen über die Lagerträger in das Gehäuse eingeleitet werden, was im ungünstigsten Fall eine Zerstörung des Gehäuses verursachen kann. So können beispielsweise in Strahltriebwerken eines Flugzeuges Vogenschlag oder Schaufelresonanz einen sogenannten Schaufelbruch am Rotor herbeiführen. Das Überlaufen des abgebrochenen Schaufelstücks durch die nachfolgenden Schaufeln des Rotors und das dadurch geänderte dynamische Verhalten des Rotors bewirken eine drastische Erhöhung der Lagerkräfte, die über die Lagerträger in das Gehäuse und in die Triebwerksaufhängung gelangen, was zu einer Zerstörung des Gehäuses, der Triebwerksaufhängung oder gar zu Schäden an der Flugzeugzelle führt.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, hier Abhilfe zu schaffen durch eine neue Gestaltung einer Drehlagerung mit einer Sollbruchstelle, um beim Auftreten von unvorhergesehenen hohen Lagerbeanspruchungen eine Beschädigung bzw. Zerstörung des Gehäuses weitestgehend zu vermeiden.

[0005] Gemäß der Erfindung ist die gestellte Aufgabe durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0006] Entsprechend der Erfindung ist bei der Drehlagerung der das Drehlager abstützende nicht-rotierende Lagerträger geteilt und weist somit zwei Trennflächen auf, die jeweils senkrecht zu der Rotationsachse des Drehlagers angeordnet sind. Zwischen den beiden Trennflächen sind mehrere über den Umfang des nicht-rotierenden Lagerträgers gleichmäßig verteilte und in den beiden Trennflächen paarweise gegenüberstehende als Führungsflächen wirkende Vertiefungen eingebracht, in denen sich die Führungskörper befinden. Durch die koaxial zu der Rotationsachse angeordneten Spannschrauben sind die beiden Trennflächen und die in den Führungsflächen eingebrachten Führungskörper spielfrei in Anlage gehalten. Über die zusammenwirkenden Führungsflächen und Führungskörper werden die an dem nicht-rotierenden Lagerträger angreifende Lagerkräfte in axiale Zugkräfte überführt, die von den Spannschrauben aufgenommen werden. Die Spann-

schrauben sind dabei so dimensioniert, dass bei Überschreiten einer definierten maximalen Zugbeanspruchung die Spannschrauben brechen.

[0007] Auf diese Weise ist eine Sollbruchstelle realisiert, die dazu führt, dass bei unvorhergesehen hohen Lagerbelastungen die Spannschrauben brechen und den nicht-rotierenden Lagerträger freigeben. Damit wird der Kraftschluss zwischen dem nicht-rotierenden Lagerträger und dem tragenden Gehäuse unterbrochen, was zwar zu einer teilweisen Zerstörung der Drehlagerung führt, aber verhindert, dass solche extremen Lagerbelastungen in das tragende Gehäuse eingeleitet werden. Eine Zerstörung oder weitreichende Beschädigungen des tragenden Gehäuses werden dadurch verhindert.

[0008] Die vorgesehene Sollbruchstelle kann dabei vorzugsweise bei einem als Loslager ausgeführten Drehlager, aber auch bei einem als Festlager ausgeführten Drehlager angeordnet sein.

[0009] Vorteilhafter Weise sind die Spannschrauben tailliert ausgeführt. Dadurch lässt sich der Spannungsquerschnitt der Schrauben eindeutig definieren und folglich die maximal zulässige Bruchkraft der Spannschrauben optimal bestimmen.

[0010] Die Erfindung ist nachfolgend anhand eines in der Zeichnung mehr oder minder schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine Schnittdarstellung einer ein Drehlager umfassenden Drehlagerung für die erste Stufe eines nicht weiter dargestellten Strahltriebwerks mit der erfindungsgemäß ausgeführten Sollbruchstelle;

Fig. 2 eine vergrößerte Darstellung der Drehlagerung mit der Sollbruchstelle aus Fig. 1;

Fig. 3 eine weitere, vergrößerte Darstellung der Drehlagerung mit der Sollbruchstelle aus Fig. 1 mit zwei als Träger der Führungsflächen dienenden Ringe, nämlich einem linken Ring und einem rechten Ring, sowie den darin geführten Führungskörper;

Fig. 4 a eine vergrößerte, detaillierte Darstellung eines Ausführungsbeispiels für die Ringe mit den eingebrachten Führungsflächen aus Fig. 3;

Fig. 4 b eine weitere vergrößerte, detaillierte Darstellung eines anderen Ausführungsbeispiels für die Ringe mit den eingebrachten Führungsflächen aus Fig. 3;

Fig. 5 eine schematische Darstellung der durch das Zusammenwirken von Führungsflächen und Führungskörper hervorgerufenen Umlenkung eines radialen Kraftvektor in einen

Kraftvektor mit einer radialen und axialen Komponente und

Fig. 6 eine weitere, vergrößerte Darstellung der Drehlagerung mit der Sollbruchstelle aus Fig. 1 nach Bruch der Spannschrauben.

[0011] Eine in Fig. 1 insgesamt mit der Bezugsziffer 10 bezeichnete Drehlagerung für die erste Stufe eines nicht weiter dargestellten Strahltriebwerks weist ein Drehlager 12 mit einer Sollbruchstelle 14 auf.

[0012] Das nicht weiter dargestellte Strahltriebwerk umfasst einen Rotor 16 mit Laufschaufeln 18, die innerhalb eines zugehörigen Triebwerksgehäuses 20 - im folgenden als tragendes Gehäuse bezeichnet - angeordnet sind. Mit dem um eine Rotationsachse 22 sich drehenden Rotor 16 ist ein Lagerträger 24 lösbar verbunden.

[0013] Zwischen diesem mit-rotierenden Lagerträger 24 und einem nicht-rotierenden Lagerträger 26 ist das Drehlager 12 angeordnet, im vorliegenden Ausführungsbeispiel ein Wälzlager der Rollenbauweise.

[0014] Das Drehlager 12 ist hierbei ein Loslager, welches nur radiale Lagerkräfte aufnehmen kann. Ein zugehöriges, die axialen Lagerkräfte aufnehmendes Festlager ist aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt.

[0015] Wie Fig. 2 zeigt, ist der nicht-rotierende Lagerträger 26 geteilt ausgebildet und umfasst einen linken Lagerträgerteil 26 a mit einer flanschartigen Trennfläche 28 a und einen rechten Lagerträgerteil 26 b mit einer flanschartigen Trennfläche 28 b. Der linke Lagerträgerteil 26 a und der rechte Lagerträgerteil 26 b bilden mit ihren beiden Trennflächen 28 a und 28 b eine gemeinsame Berührungsebene 30, die senkrecht zu der Rotationsachse 22 des Rotors 16 angeordnet ist.

[0016] Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist zwischen den beiden Trennflächen 28 a und 28 b kein Spalt vorhanden, d. h. dass sich die beiden Trennflächen 28 a und 28 b in direkter Anlage befinden. Für spezielle Bauformen kann aber auch ein Spalt vorgesehen sein.

[0017] Der linke Teil des nicht-rotierenden Lagerträgers 26 a und der rechte Teil des nicht-rotierenden Lagerträgers 26 b sind kraftschlüssig miteinander verbunden, und zwar über mehrere über den Umfang des nicht-rotierenden Lagerträgers 26 gleichmäßig verteilte und axial orientierte, also coaxial zur Rotationsachse (22) angeordnete, Spannschrauben 32. Wie noch auszuführen ist, übernehmen die Spannschrauben 32 die Funktion der Sollbruchstelle 14.

[0018] Wie in Fig. 3 dargestellt, weisen die Trennflächen 28 a und 28 b der beiden nicht-rotierenden Lagerträgerteile 26 a und 26 b mehrere über den Umfang des Lagerträgers 26 gleichmäßig verteilte und in den beiden Trennflächen 28 a und 28 b paarweise axial gegenüberstehende Führungsflächen 34a, 34b auf, in die Führungskörper 36 eingebracht sind. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel sind als Führungskörper 36 Kugeln,

nämlich Kugellagerkugeln, in die Führungsflächen 34a, 34b und somit in die Berührungsebene 30 zwischen die beiden Lagerträgerteile 26 a und 26 b eingebracht.

[0019] Als Träger der Führungsflächen 34a, 34b dienen zwei beiderseits der Berührungsebene 30 angeordnete Ringe, nämlich ein linker Ring 38 und ein rechter Ring 40. Der linke Ring 38 und der rechte Ring 40 ist jeweils zentrisch in den linken Teil des nicht-rotierenden Lagerträgers 26 a bzw. in den rechten Teil des nicht-rotierenden Lagerträgers 26 b integriert. Durch die eingebrachten Kugeln 36 wird der linke Ring 38 und der rechte Ring 40 zentriert, wodurch die beiden Lagerträgerteile 26 a und 26 b ihrerseits zentriert werden. Über die bereits beschriebenen, in Umfangsrichtung axial ausgerichteten, vorzugsweise taillierten Spannschrauben 32 erfolgt eine spielfreie axiale Verbindung zwischen den beiden nicht-rotierenden Lagerträgerteilen 26 a und 26 b.

[0020] Die in die beiden Ringe 38, 40 eingebrachten Führungsflächen 34a, 34b können, wie in Fig. 4 a und Fig. 4 b dargestellt, unterschiedlich ausgebildet sein. Gemäß der Fig. 4 a ist die linke Führungsfläche 34a aus einer zylinderförmigen Grundfläche und einer anschließenden kegelförmigen Spitze als Scheitel zusammengesetzt, wobei der Durchmesser der zylinderförmigen Grundfläche dem Durchmesser des geführten Führungskörper 36 entspricht. Die rechte Führungsfläche 34b besteht ausschließlich aus einer kegelförmigen Spitze.

[0021] In der Fig. 4 b ist eine weitere Gestaltungsmöglichkeit der Führungsflächen 34a, 34b dargestellt. Dabei ist die linke Führungsfläche 34a aus einer zylinderförmigen Grundfläche und einer konkaven Halbkugel als Scheitel aufgebaut. Der Durchmesser der zylinderförmigen Grundfläche und der Durchmesser der konkaven Halbkugel entsprechen dem Durchmesser des Führungskörpers 36. Die rechte Führungsfläche 34b entspricht einer konkaven Teilkugel, d.h. einer Kugelkalotte, deren Radius dem Radius des Führungskörpers 36 entspricht oder größer sein kann.

[0022] Die Wirkungsweise der vorstehend beschriebenen Drehlagerung mit der dargestellten Sollbruchstelle ist folgende:

[0023] Die aus den dynamischen und statischen Betriebslasten des Rotors 16 hervorgerufenen Kräfte werden auf die den rotierenden Lagerträger 24 und den nicht-rotierenden Lagerträger 26 umfassende Drehlagerung 10 übertragen. Entlang einer idealisierten Wirkungslinie 42 erfolgt über den nicht-rotierenden Lagerträger 26 die Einleitung einer resultierenden radialen Lagerkraft  $F_r$  44 in das tragende Gehäuse, vgl. Fig. 2.

[0024] Durch die in die beiden Teile des nicht-rotierenden Lagerträgers 26 a und 26 b eingebrachten Ringe 38, 40 und die in den Ringen 38, 40 beiderseits der Berührungsebene 30 vorliegenden Führungsflächen 34a, 34b werden die als Kugeln ausgebildeten Führungskörper 36 fixiert. Die Führungsflächen 34a, 34b und die eingebrachten Führungskörper 36 lenken die radiale La-

gerkraft  $F_r$  44 derart um, dass in der Berührungsebene 30 zwischen den beiden Lagerträgerteilen 26 a und 26 b ein neuer Kraftvektor  $F$  46 mit einer axialen Kraftkomponente  $F_a$  48 und der radialen Kraftkomponente  $F_r$  44 vorliegt, vgl. Fig. 3 in Verbindung mit Fig. 5

[0025] Die Umlenkung der radialen Kraft  $F_r$  44 in den neuen Kraftvektor  $F$  46 mit der axialen Kraftkomponente  $F_a$  48 und der radialen Kraftkomponente  $F_r$  44 erfolgt dabei unabhängig von der Umfangswinkellage der radialen Kraft  $F_r$  44 an der Kugel 36.

[0026] Wie weiterhin aus Fig. 5 zu entnehmen ist, führt die im vorliegenden Ausführungsbeispiel mit einem halben Kegelöffnungswinkel 50 von beispielsweise  $60^\circ$  ausgeführte Spitze der Führungsfläche 34b und die daraus resultierende Umlenkung der radialen Kraft  $F_r$  44 zu einer axialen Kraft  $F_a$  48, die gemäß  $F_a = F_r \times \tan 60^\circ$  größer ist, als die ursprünglich auf der idealisierten Wirkungslinie 42 wirkende radiale Lagerbelastung  $F_r$  44.

[0027] Die axiale Kraftkomponente  $F_a$  48 führt zu der bereits genannten Zugbeanspruchung in den Spannschrauben 32, die, wie bereits ausgeführt wurde, die beiden nicht-rotierenden Lagerträgerteile 26 a und 26 b über die Berührungsebene 30 hinweg kraftschlüssig miteinander verbinden.

[0028] Sobald die radiale Last  $F_r$  44 deutlich über allen zulässigen Manöverlasten liegt, z. B. infolge einer drastischen Erhöhung der Lagerbelastung durch Schaufelbruch, bewirkt die in die Spannschrauben 32 eingeleitete axiale Kraftkomponente  $F_a$  48 deren Bruch.

[0029] Die Spannschrauben 32 wirken also als Sollbruchstelle 14 für den Fall, dass die auf die Spannschrauben 32 wirkende axiale Kraft  $F_a$  48 über der zulässigen definierten maximalen Bruchkraft der Spannschrauben 32 liegt, vgl. auch Fig. 6. Als Folge davon brechen, wie bereits erwähnt, die Spannschrauben 32 und der Kraftschluss zwischen den beiden Lagerträgerteilen 26 a und 26 b ist unterbrochen. Dies führt zwar zu einer teilweisen Zerstörung der Drehlagerung, aber die Einleitung der erhöhten Lagerkräfte in das tragende Gehäuse wird sicher verhindert. Eine Zerstörung des Gehäuses, der Triebwerksaufhängung oder gar Schäden an der Flugzeugzelle werden somit weitestgehend ausgeschlossen.

[0030] Die in den Figuren dargestellten Kugelführungen sind asymmetrisch, wobei jeweils im linken Ring 38 tiefe Führungsflächen 34a vorhanden sind, die die spärlichen Führungskörper 36 größtenteils aufnehmen und bei Wirksamwerden praktisch nur eine Drehbewegung der Führungskörper 36 um ihre Mittelpunkte zulassen. Im rechten Ring 40 sind flache Führungsflächen 34b vorhanden, auf denen die Führungskörper 36 abrollen - oder zumindest gleiten - können und dabei die gewünschte Axialkraft erzeugen. Durch diese Bauweise wird eine besonders gute Zentrierung der Ringe 38, 40 erreicht.

[0031] Es wäre aber z.B. auch möglich, bei der Ausführung gemäß Figur 4a und 5 den zylindrischen Be-

reich der Führungsfläche 34a im Durchmesser größer zu wählen als den Führungskörper 36, so dass auch im Ring 38 eine begrenzte Abrollbewegung möglich wird. Dies hätte als Vorteil weniger Reibung in den Führungen zur Folge, wobei aber voraussichtlich die Zentrierung der Ringe 38, 40 nicht ganz so präzise wäre, wie bei der dargestellten Ausführung. Es wäre ebenfalls möglich, die Führungsflächen 34a, 34b spiegelsymmetrisch zur Berührungsebene 30 auszuführen. Dabei könnte jede Führungsfläche 34a, b in geeigneter Weise z.B. aus einer Kegelfläche und einer Zylinderfläche oder aus einer Teilkugelfläche (Kugelkalotte) und einer Kegelstumpffläche zusammengesetzt sein. Bei der Gestaltung der Führungsflächen ist primär zu beachten, dass die gewünschte Kraftumlenkung und -verstärkung erzielt wird.

#### Bezugszeichenliste

#### [0032]

10	Drehlagerung
12	Drehlager
14	Sollbruchstelle
16	Rotor
18	Leitschaukeln
20	Rotationsachse
22	Turbinengehäuse
24	rotierender Lagerträger
26	nicht-rotierender Lagerträger
26 a	linker Teil des nicht-rotierenden Lagerträgers
26 b	rechter Teil des nicht-rotierenden Lagerträgers
28 a	Trennfläche des linken Teils des nicht-rotierenden Lagerträgers
28 b	Trennfläche des rechten Teils des nicht-rotierenden Lagerträgers
30	Berührungsebene
32	Spannschrauben
34a	linke Führungsflächen
34b	rechte Führungsflächen
36	Führungskörper
38	linker Ring
40	rechter Ring
42	Wirkungslinie
44	radiale Lagerkraft $F_r$ / radiale Kraftkomponente $F_r$
46	umgelenkter Kraftvektor $F$
48	axiale Kraftkomponente $F_a$
50	halber Kegelöffnungswinkel

#### Patentansprüche

1. Drehlagerung (10) mit einer Sollbruchstelle (14), insbesondere für einen Rotor (16) einer Strömungsmaschine, welche ein zwischen einem nicht-rotierenden Lagerträger (26) und einem rotierenden Lagerträger (24) angeordnetes Drehlager (12) auf-

- weist, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwecks Bildung der Sollbruchstelle (14) der nicht-rotierende Lagerträger (26) geteilt ist (26a, 26b) und zwei senkrecht zur Rotationsachse (22) des Drehlagers (12) angeordnete Trennflächen (28 a, 28 b) aufweist, zwischen denen sich in mehreren über den Umfang des Lagerträgers (26) gleichmäßig verteilte und in den beiden Trennflächen (28 a, 28 b) paarweise axial gegenüberstehenden Führungsflächen (34a, 34b) eingebrachte Führungskörper (36) befinden, und die beiden Trennflächen (28 a, 28 b) mit den in die Führungsflächen (34a, 34b) eingebrachten Führungskörper (36) über mehrere über den Umfang des Lagerträgers (26) gleichmäßig verteilte axial orientierte Spannschrauben (32) vorbestimmter Zugfestigkeit spielfrei in Anlage gehalten sind, dies alles in derartiger Anordnung, dass an dem Lagerträger (26) angreifende Lagerkräfte (44) über die mit den Führungsflächen (34a, 34b) zusammenwirkenden Führungskörper (36) in an den Spannschrauben (32) angreifende axiale Zugkräfte (48) umlenkbar sind, die bei Überschreiten einer vorbestimmten maximalen Zugbeanspruchung zum Bruch der Spannschrauben (32) führen.
2. Drehlagerung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede der Führungsflächen (34a) in der einen Trennfläche (28 a) sich aus einer zylinderförmigen Grundfläche und einer anschließenden kegelförmigen Spitze als Scheitel zusammensetzt, insbesondere in Form einer Bohreransenkung, und dass jede der Führungsflächen (34b) in der anderen Trennfläche (28b) als kegelförmige Spitze ausgeführt ist.
3. Drehlagerung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede der Führungsflächen (34a) in der einen Trennfläche (28 a) sich aus einer zylinderförmigen Grundfläche und einer konkaven Halbkugel als Scheitel zusammensetzt, wobei der Durchmesser der zylinderförmigen Grundfläche und der Durchmesser der konkaven Halbkugel dem Durchmesser des geführten Führungskörpers (36) entsprechen, und dass jede der Führungsflächen (34b) in der anderen Trennfläche (28b) als konkave Teilkugel ausgeführt ist, deren Radius dem Radius des Führungskörpers (36) entspricht oder größer ist.
4. Drehlagerung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Führungskörper (36) als Kugeln ausgebildet sind.
5. Drehlagerung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Träger der Führungsflächen (34a, 34b) zwei Ringe dienen, nämlich ein rechter und ein linker Ring (38, 40), die ihrerseits in je einer der beiden Trennflächen (28 a, 28 b) zentrisch befestigt sind.
6. Drehlagerung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spannschrauben (32) tailliert ausgeführt sind.
7. Drehlagerung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen den beiden Trennflächen (28 a, 28 b) ein Spalt vorhanden ist.
8. Drehlagerung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die beiden Trennflächen (28 a, 28 b) in direkter Anlage befinden.
9. Drehlagerung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein halber Kegelöffnungswinkel (50) größer 45° eine Verstärkung der axialen Zugkraft (48) an den Spannschrauben (32) bewirkt.
10. Drehlagerung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Drehlager (12) als Loslager, insbesondere als Radiallager, ausgeführt ist.
11. Drehlagerung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Drehlager (12) als Festlager ausgeführt ist.

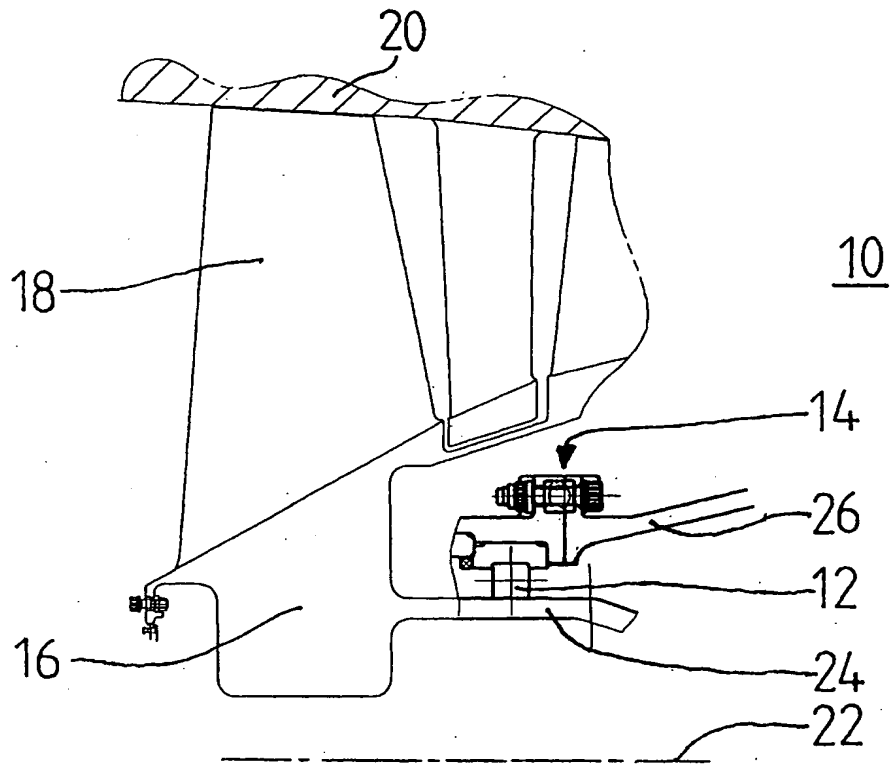


Fig.1

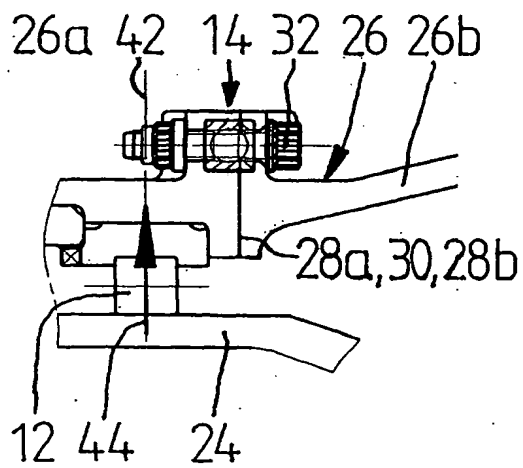


Fig.2

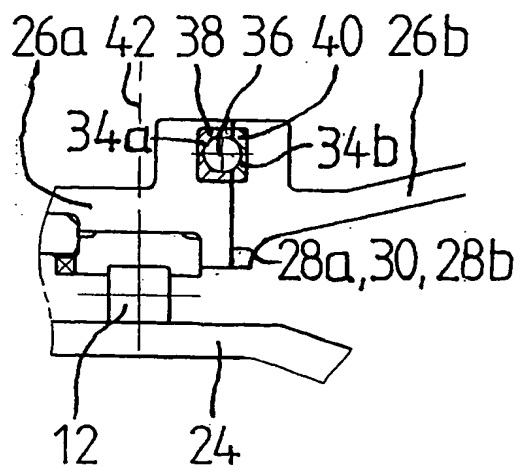


Fig.3

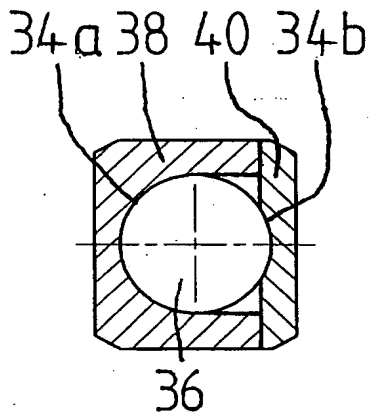


Fig. 4b

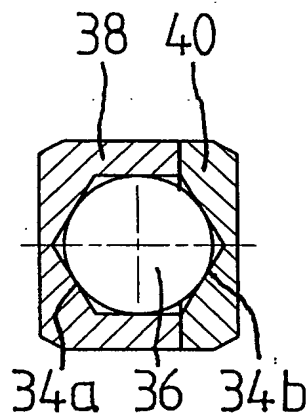
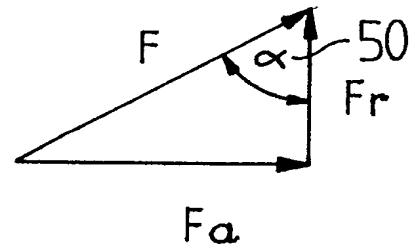
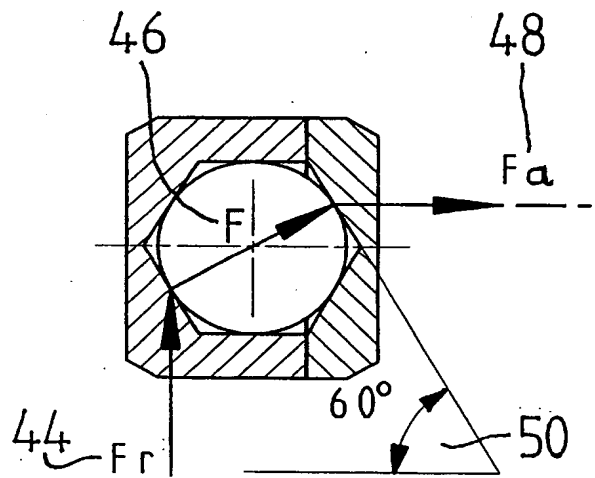


Fig. 4a



$$F_a = F_r \cdot \tan \alpha$$

Fig. 5

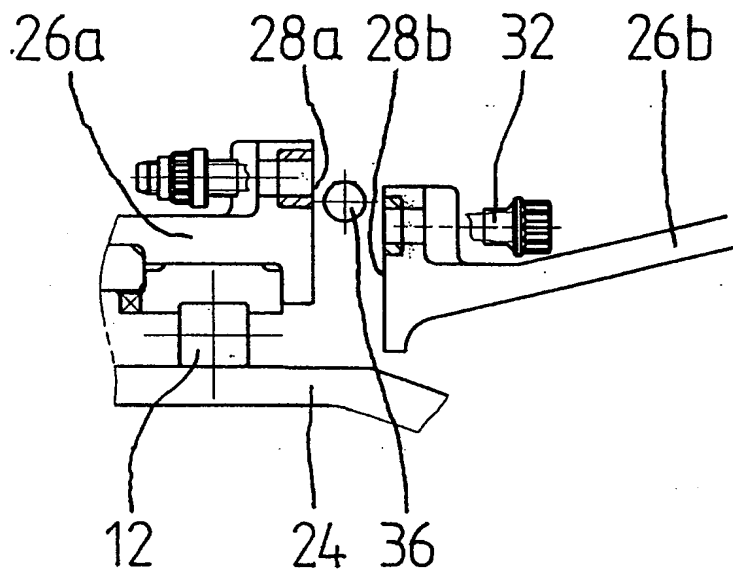


Fig. 6